

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**  
①⑪ **DE 3724932 A1**

⑤① Int. Cl. 4:  
**G01B 11/14**  
G 01 B 11/02

②① Aktenzeichen: P 37 24 932.0  
②② Anmeldetag: 28. 7. 87  
②③ Offenlegungstag: 17. 3. 88

DE 3724932 A1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
29.07.86 DD WP G 01 B/293031

⑦① Anmelder:  
VEB Werk für Technisches Glas Ilmenau, DDR 6300  
Ilmenau, DD

⑦② Erfinder:  
Riemann, Manfred, Prof. Dr.sc.techn., DDR 6300  
Ilmenau, DD; Kießling, Bernd, Dr.-Ing., DDR 6312  
Langewiesen, DD; Wystup, Peter, Dipl.-Ing., DDR  
6300 Ilmenau, DD

⑤④ **Anordnung zur interferometrischen Abstands- und Dickenmessung**

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur berührungslosen interferentiellen Abstands- und Dickenmessung an transparenten Meßobjekten. Es besteht hierbei die Aufgabe, die Anordnung so zu gestalten, daß die Messung auch an Objekten mit gekrümmten, nicht parallelen Oberflächen und Dicken von mehr als einigen zehntel Millimetern ermöglicht wird.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß vor dem Meßobjekt eine Strahlungsquelle für optisch kohärente Strahlung sowie zwei Objektive angeordnet werden, daß durch das erste Objektiv die Strahlung zu einem divergierenden Strahlenbündel aufgeweitet und durch das zweite Objektiv die Strahlung geneigt gegenüber der Oberflächen-normale des Meßobjektes zu einer Linie oder einem Fokus auf das Meßobjekt konvergiert wird. Die Interferenzerscheinung im Überlappungsgebiet der beiden an den Oberflächen des Meßobjektes reflektierten Strahlenbündel wird zur Bestimmung der Dicke des Meßobjektes in der Weise verwendet, daß der Abstand der Interferenzstreifen als Maß für die Dicke ausgewertet wird.

DE 3724932 A1

BEST AVAILABLE COPY

## Patentanspruch

Anordnung zur berührungslosen interferometrischen Abstands- und Dickenmessung an transparenten Meßobjekten unter Verwendung einer kohärenten optischen Strahlung, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor dem Meßobjekt (1) eine optische Strahlungsquelle (2) und zwei Objektive in einer optischen Achse geneigt gegenüber der Oberflächennormale (5) des Meßobjektes (1) angeordnet sind, wobei der Abstand der beiden Objektive größer als die Summe ihrer beiden Brennweiten ist und das Objektiv (3b) in einem solchen Abstand zum Meßobjekt angeordnet ist, daß der Durchmesser des Strahlenbündels am Meßobjekt kleiner als dessen Dicke ist und weiterhin im Überlappungsgebiet (6) der beiden reflektierten Strahlenbündel ein bildauflösender optoelektronischer Sensor (7) mit nachgeschalteter bilderkennender Auswerteelektronik (8) angeordnet ist, wobei die Dicke des Meßobjektes aus den Intensitätsänderungen des Bildausgangssignals des Sensors mittels der Auswerteelektronik bestimmt wird.

## Beschreibung

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung dient zur berührungslosen Abstands- und Dickenmessung an transparenten Materialien.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind bereits eine Vielzahl von Anordnungen zur interferometrischen Längenmessung bekannt, die auch bei der Abstands- und Dickenmessung Verwendung finden. Derartige Meßanordnungen beaufschlagen das Meßobjekt mit parallelen Lichtstrahlenbündeln, vorzugsweise Laserlicht. Die am Meßobjekt reflektierten Strahlen werden in der Meßanordnung überlagert, wobei Interferenzen gleicher Dicken entstehen. Die Interferenzlinien können von einem fotoelektrischen Empfänger erfaßt und bei zeitlicher Änderung gezählt werden.

Eine derartige Meßanordnung wird z. B. in der US-PS 37 20 471 beschrieben. Nachteilig an dieser Meßanordnung ist, daß nur relative Dicken- und Abstandsänderungen und deren Vorzeichen, nicht aber die Dicken und Abstände selbst, gemessen werden können. Zur Behebung dieses Mangels wurde vorgeschlagen, in zeitlicher Aufeinanderfolge mehrere Messungen bei sich änderndem Auftreffwinkel des Meßstrahles vorzunehmen und die Ergebnisse rechnerisch auszuwerten.

Abgesehen von dem zeitlichen Aufwand sind die zur Durchführung dieses Meßprinzips notwendigen Apparaturen technisch aufwendig.

In der DD-PS 26 22 787 wurde ein Verfahren zur interferometrischen Messung von Dicken und Abständen angegeben, bei dem das Meßobjekt mit einem konvergierenden oder divergenten Lichtstrahl beaufschlagt wird, dessen Konvergenzpunkt außerhalb des Meßobjektes liegt und das Interferenzlinienfeld, das am Meßobjekt aufgrund der einzelnen, kontinuierlich ineinander übergehenden Strahlrichtungen entsteht, auf eine Ebene projiziert und dort ausgewertet wird.

Nachteilig an diesem Verfahren ist, daß die Anwendung auf Meßobjekte mit einer verhältnismäßig geringen Dicke bis zu einigen wenigen zehntel Millimetern

und ebenen, planparallelen Flächen begrenzt ist und daß es des weiteren bei Meßobjekten, deren Dicke sich im Meßbereich um mehr als eine Wellenlänge ändert oder deren Oberfläche eine Rauigkeit von mehr als ein Viertel der Wellenlänge aufweist, angewendet werden kann.

## Ziel der Erfindung

Es ist deshalb Ziel der Erfindung, eine Anordnung zur interferometrischen Abstands- und Dickenmessung an transparenten Meßobjekten zu entwickeln, welche die Nachteile der bekannten Meßanordnungen nicht mehr besitzt.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anordnung zur berührungslosen interferometrischen Abstands- und Dickenmessung an transparenten Meßobjekten unter Verwendung einer kohärenten optischen Strahlung zu entwickeln, die es ermöglicht, Messungen an Objekten mit gekrümmten, rauen Oberflächen und Dicken von mehr als einigen zehntel Millimetern durch Verwendung optischer Mittel berührungslos vorzunehmen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Meßobjekt geneigt gegenüber der Oberflächennormalen mit einem konvergierenden Strahlenbündel aus einer Strahlungsquelle für optische kohärente Strahlung so beaufschlagt wird, daß der Konvergenzpunkt in die Nähe des Meßobjektes gelegt und ein Durchmesser des Strahlenbündels am Meßobjekt erzeugt wird, der kleiner als dessen Dicke ist und die Interferenzerscheinung im Überlappungsgebiet der beiden reflektierten Strahlenbündel durch eine bilderkennende Auswerteeinheit erfaßt und der Abstand der Interferenzstreifen als Maß der Dicke ausgewertet wird.

Die erfindungsgemäße Anordnung ist so aufgebaut, daß vor dem Meßobjekt eine optische Strahlungsquelle und zwei Objektive in einer optischen Achse geneigt gegenüber der Oberflächennormalen des Meßobjektes angeordnet sind, wobei der Abstand der beiden Objektive größer als die Summe ihrer beiden Brennweiten ist und ein Objektiv in einem solchen Abstand zum Meßobjekt angeordnet ist, daß der Durchmesser des Strahlenbündels am Meßobjekt kleiner als dessen Dicke ist und sich am Überlappungsgebiet der beiden reflektierten Strahlenbündel eine bilderkennende Auswerteeinheit befindet. Die bilderkennende Auswerteeinheit besteht dabei aus einem bildauflösenden optoelektronischen Sensor mit nachgeschalteter Auswerteelektronik, wobei die Dicke des Meßobjektes aus den Intensitätsänderungen des Bildausgangssignals des Sensors mittels der Auswerteelektronik bestimmt wird.

Die zwei Objektive sind dabei so angeordnet, daß durch das erste Objektiv nach der Strahlungsquelle die Strahlung zu einem divergierenden Strahlenbündel aufgeweitet und durch das zweite nachgeordnete Objektiv die Strahlung geneigt gegenüber der Normalen der Oberfläche des Meßobjektes zu einer Linie oder einem Fokus auf das betreffende Meßobjekt konvergiert wird.

Die erfindungsgemäße Anordnung hat den Vorteil, daß die berührungslose optische Dickenmessung an transparenten Meßobjekten mit beliebig gekrümmter Oberfläche ermöglicht wird, wobei an die Oberflächenqualität keine Anforderungen mehr gestellt werden müssen und keine Einschränkungen hinsichtlich der Dicke der Meßobjekte mehr bestehen.

## Ausführungsbeispiel

Die erfindungsgemäße Anordnung soll an dem folgenden Beispiel zur Messung der Wanddicke eines transparenten Meßobjektes, z. B. eines Hohlglaserzeugnisses, näher erläutert werden. 5

In der Fig. 1 ist der Aufbau der Anordnung schematisch dargestellt.

Vor dem Meßobjekt 1 sind die Strahlungsquelle 2 für die kohärente optische Strahlung, beispielsweise ein He-Ne-Laser, und die Objektive 3a und 3b so angeordnet, daß der Laserlichtstrahl durch das Objektiv 3a zu einem divergierenden Strahlenbündel aufgeweitet und durch das Objektiv 3b unter einem Winkel  $\beta$  gegenüber der Normalen der Oberfläche des Meßobjektes geneigt auf dieses fokussiert wird. 15

Im Überlappungsgebiet 6 der beiden Außen- und Innenseiten des Meßobjektes reflektierten Strahlenbündel 4a bzw. 4b ist der optoelektronische, bildauflösende Sensor 7, dem die Auswerteelektronik 8 nachgeschaltet ist, im Abstand  $a$  vom Meßobjekt angeordnet. 20

Infolge der Gangunterschiede der beiden reflektierten Strahlenbündel 4a und 4b entstehen in deren Überlappungsgebiet Interferenzen gleicher Neigung, wobei zwischen der Wanddicke  $w$  des Meßobjektes und dem Abstand  $x$  der Interferenzlinien folgender Zusammenhang besteht: 25

$$w = \frac{a \cdot \lambda}{x} \cdot \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 \beta}}{\sin^2 \beta}. \quad 30$$

Dabei ist  $\lambda$  die Wellenlänge des Laserlichts und  $n$  der Brechungsindex des Meßobjektes. Die Interferenzlinien werden von dem Sensor 7 erfaßt, wobei dessen Inhalt durch die Auswerteelektronik 6 ausgelesen und entsprechend dem Zusammenhang zwischen der Wanddicke  $w$  und dem Abstand der Interferenzstreifen  $x$  aus der Impulsfolge im Bildausgangssignal des Sensors 7 in an sich bekannter Weise die Wanddicke ermittelt wird. 35

Die visuelle Auswertung des Abstandes der Interferenzstreifen sowie die Bestimmung der Dicke des Meßobjektes erfolgt unter Verwendung von Nomogrammen oder Vergleichsmustern. 40

45

50

55

60

BEST AVAILABLE COPY

65

3724932

mer:  
Int. Cl.<sup>4</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

37 24 932  
G 01 B 11/14  
28. Juli 1987  
17. März 1988  
REICH

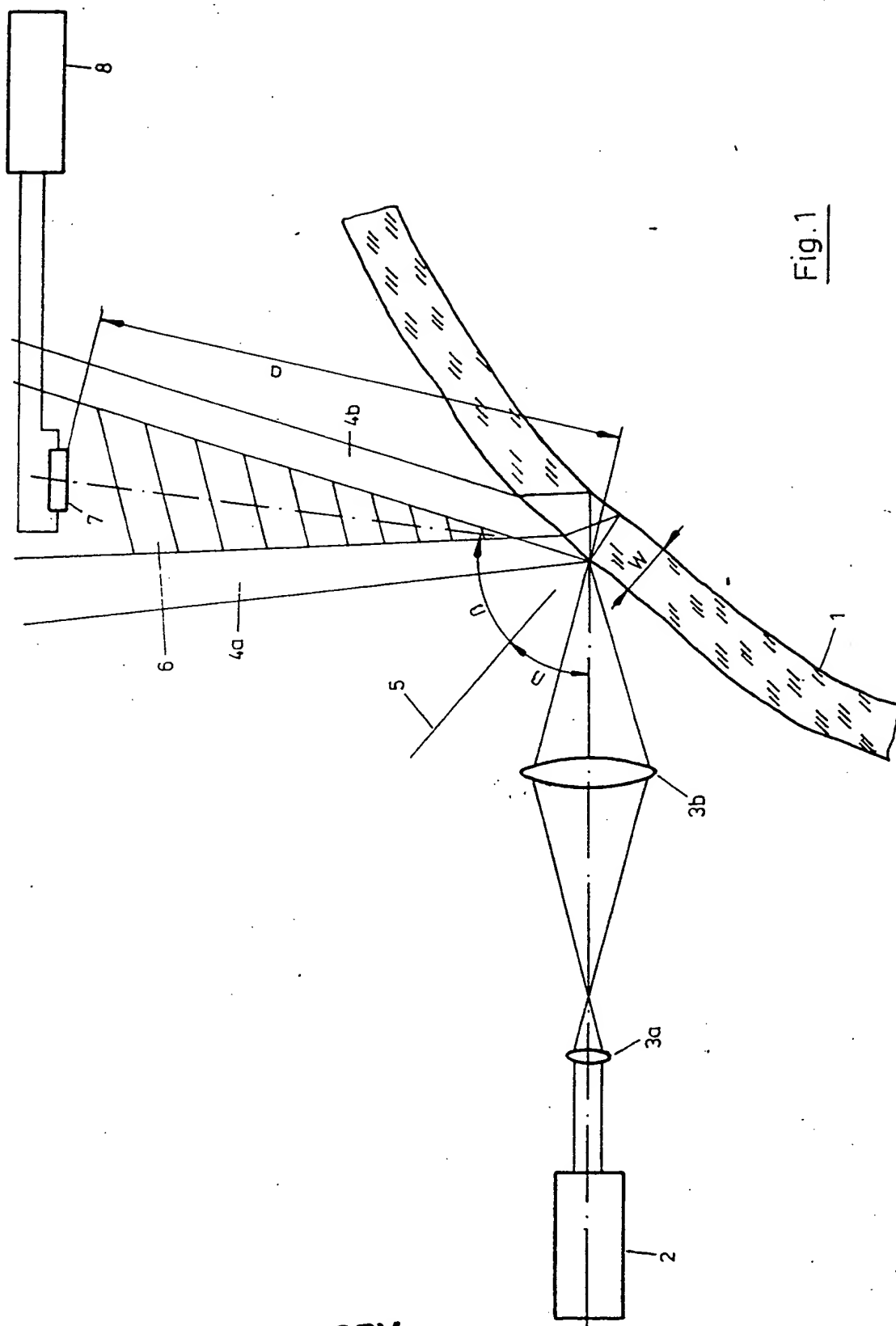


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

808 811/397